cia i de las letras i que es frecuentado además continuamente por temblores, corresponderá sobre todo el contribuir por su parte a tan noble fin. Podrá ser objeto de otra comunicacion el llamar con este motivo la atencion sobre los métodos usados en otras partes, que convendria adoptar en Chile para observar, tanto los temblores de tierra, como las oscilaciones consecutivas del mar.

MINERALOJÍA.—Descripcion de los depósitos de nitrato de soda existentes en Bolivia, entre los grados 23 i 24 de latitud sur.—Comunicacion a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas, por don Manuel A. Prieto.

Era hasta hace mui poco tiempo un enigma la existencia del depósito de salitre en la cuenca u hoya del salar del Cármen, propiedad de la casa Milbourne Clark i C.ª. En efecto, su ninguna semejanza con el terreno i modo de formacion de la misma sustancia en el Perú, habia dado márjen a un sinnúmero de suposiciones sobre su oríjen, todas las cuales no sacaban de dudas ni aun lo esplicaban de un modo que satisfaciera a médias.

Para comprender el interés que esta localidad ofrece, es necesario ante todo conocer su posicion jeolójica i la naturaleza de su yacimiento.

Saliendo del puerto o caleta de Antofogasta, cuya latitud es 23° 47', situado en la bahía de la Chimba, que está formada por la península de Mejillones al sur, i dirijéndose al N. E. como uno i medio quilómetros, se entra en una quebrada que se encamina casi al oriente por entre los cerros, graníticos en su mayor parte, que forman la cadena de la costa, i que se encuentra enteramente aislada de las cerranías del interior por un valle lonjitudinal en una distancia como de 15 leguas.

Dicha quebrada, que tiene una gradiente fuerte i en partes hasta 8.5 °/₀, sube 560 metros i desciende en seguida hasta el valle mencionado, en el cual encuentra la vista desde luego una grande estension de terreno en forma de lago, con sus orillas terminadas lo mismo que un depósito de agua i encerrada por cerros, escepto al norte. Este es el salar del Cármen, donde se encuentra el establecimiento de los señores Milbourne Clark i C.ª, distante de la caleta

10 quilómetros i unos 6 a 7 en línea recta. Su forma es mas o menos una elipse cuyo eje mayor dirijido de norte a sur mide de 4 a 5 quilómetros i el menor de 2 a 3. Al este lo termina una cadena de cerros graníticos que se estienden por algunas leguas al sur i al oriente, siendo una de sus cimas mas elevadas el 13 *de mayo*, como 1600 metros sobre el nivel del mar i distante de éste unos 16 a 18 quilómetros. Todos estos cerros, entrecortados por quebradas mas o menos grandes que vienen todas a reunirse en dos o tres principales que desembocan al mar, como la de Mateo i otras mas al sur, presentan, como casi todas las cerranías del desierto, una descomposicion enorme en su superficie, penetrando a veces a muchos decímetros de hondura, debida a acciones atmosféricas enérjicas i especialmente al agua, que en la actualidad ha casi desaparecido.

Por el poniente lo cierra el cordon de la costa mencionada; por el sur una pequeña eminencia que desciende hasta la quebrada de Males, i de igual altura de la que conduce al puerto, mientras que al norte se presenta una abra, que es la continuacion del valle, por una estension de 5 leguas, estrechándose en seguida para formar una quebrada, ancha sin embargo, i que tuerce al N. E.

Las lomas que suben a los cerros del oriente desde el salar i que son bajas en jeneral, están cubiertas con los detritus de las rocas graníticas, como ser fragmentos pequeños de cuarzo i feldspato, con hojillas de mica i arena fina, i encierran en partes, como a un decímetro de hondura, una capa de salitre que suele llegar hasta 50 centímetros de espesor; en otras, se encuentran capas de poco grueso compuestas de selenita porosa de hojillas finas mezclada con arena, i tambien de bórax impuro, a veces en pequeñas bolitas, con su estructura fibrosa i lustre característico de seda.

Atravesando mas al naciente, el sulfato de cal está acompañado por el sulfato de soda, formando capas superficiales en los faldeos bajos de los cerros, de una verdadera glauberita de estructura casi terrosa de color blanco tirando a amarillento i semi-trasluciente.

Por lo que hace al salar propiamente dicho, su superficie está formada en especial por una costra de sal i arcilla mezcladas, presentando una superficie a nivel en toda su estension, pero mui irregular, pues se levantan de ella pequeños pedazos redondeados de formas caprichosas i que le dan un aspecto mui semejante al de un campo recien removido por el arado. El espesor de ésta es de al-

gunos centímetros, i ella es compacta en la superficie i porosa en la parte inferior, de un color pardo-rojizo o negruzco, de lustre a veces de perla, interiormente debido a las hojillas i granos de sal comun. Inmediatamente debajo, se encuentra una capita delgada de arcilla pardo rojiza ferrujinosa que, bien lavada, es mui plástica, a la que sigue el manto de salitre esplotable que en término medio tiene de 20 a 24 centímetros de espesor.

Es jeneralmente blanco-parduzco debido a la arcilla con que está a veces íntimamente mezclado; poroso, liviano, estructura hojosa, pequeña, cristalina; otras veces es duro i mas compacto. Es mui soluble en el agua, dejando un residuo de arcilla fina. Está compuesto de una mezcla de nitrato, cloruro, sulfato i ioduro de sodio en proporciones mui variables, con arcilla i sulfato de cal. Su composicion média podria sentarse de este modo:

Nitrato de soda	35	
Cloruro de sodio	25	
Sulfato de soda	2	
Ioduro de sodio		apenas apreciable.
Sulfato de cal	2	
Agua	5	
Arcilla	30	

Debajo de la capa de *caliche*, que es el término con que se denomina al salitre en bruto tal como se estrae, viene lo que llaman *coba*, que es una greda o arcilla impregnada de sal comun i sulfato de cal, mui húmeda i a veces mui compacta, adhiriéndose fuertemente al caliche i del cual es difícil separarla.

Siguiendo la seccion del terreno en los diversos pozos abiertos para la estraccion del agua necesaria al beneficio, se encuentra primeramente una capa gruesa de 8 i mas metros de arcilla plástica mui pura, de grano fino, mui suave al tacto; i en seguida diversas capas de brecha i conglomerado grueso cementados por el sulfato de cal i por entre los que filtra difícilmente el agua que se recoje. Debajo de éstos suelen encontrarse nuevamente otras capas de la misma greda superior i completamente seca.

Las capas de caliche que se encuentran en las lomas del oriente i que llaman *Caliche de la Pampa*, son duras, de color jeneralmente pardo, estructura cristalina, menos soluble que el del salar, de composicion análoga a éste; solo que la arcilla está reemplazada por arena fina i en partes por fragmentos mas gruesos de cuar-

zo i granito tomando mas bien el aspecto de brecha, en que dejenera, i cementada por el salitre i sal comun.

Siendo indudable, por la naturaleza de la hoya del salar i por el álveo seco de una gran corriente de agua que ha venido un tiempo por la parte norte del valle terminando en aquél como en su depósito natural, que su oríjen es debido al agua, bien pudiera suceder que el salitre que allí se encuentra hubiese sido arrastrado en disolucion de depósitos existentes mas al interior i siguiendo el curso de la mencionada quebrada.

Esta hipótesis, bastante natural en sí, ha recibido ya una plena confirmacion.

En efecto, esploraciones hechas en este sentido hace mui poco tiempo, han demostrado la existencia de grandes cantidades de nitrato de soda, siguiendo el rumbo indicado i como a 22 leguas de distancia, ocupando una estension de algunas leguas. Pero daré, antes de describirlos, una lijera reseña de la corografía del terreno en que se encuentran i de los que le son adyacentes.

La cerranía de Caracoles, que principia al sur de la de Limon Verde i del paralelo 23° con una direccion média del N. N. E. al S. S. O., formando en el desierto la cordillera del medio, tan notable en Chile i de la cual es su continuacion, deja desprender con rumbo al poniente una serie de ramales, de los que algunos van hasta unirse con la cadena de la costa, entrecortados por quebradas sinuosas, muchas de ellas bastante hondas, i de las que un buen número desemboca en una especie de llanura como de unas 10 leguas de diámetro i como a 8 de distancia de la cerranía mencionada. Al estremo occidental de este llano se encuentra un estenso salar no menos de 4 quilómetros de anchura, el que se divisa desde una gran distancia por el reflejo blanco de la luz sobre las costras de sal que en su superficie se encuentran.

Desde la mina *Blanca Torre*, situada al pié de los cerros de Caracoles i una de las mas bajas (2900 metros sobre el mar), hasta desembocar al llano, el terreno tiene un declive medio de $3\frac{1}{2}$ a $4^o/^o$; i de aquí hasta mui cerca de la cadena de la costa, la gradiente no alcanza a 1 $^o/_o$ siguiendo el curso de la quebrada. Del valle al mar, la pendiente média es de 5 $^o/_o$. De manera que el terreno tendria mas o menos esta seccion.

Las aguas recibidas en abundancia en aquella llanura han buscado una salida i formado un cauce hasta de 6 metros de hondura

en partes donde los cerros que la encierran se han estrechado. Estos cerros forman por la parte sur una cadena porfírica bastante elevada mientras que por la parte norte predominan unos cerrillos graníticos de poca altura, siendo el mas alto el San Jorje, que tiene 1600 metros i está a 7250 sobre el nivel de la quebrada. Este granito está atravesado por un gran número de pequeñas vetas de cuarzo, calcedonias, jaspes, etc., las que han desparramado sobre las lomas bajas un sinnúmero de fragmentos votados de las mismas, lo que ha hecho darles el nombre de *Pampas de las calcedonias.*

Este lugar parece haber sido el campo de una grande esplotacion de esas piedras para usos cortantes, en tiempos no mui remotos; pues se encuentran en pequeños montones de trecho en trecho i fracturadas con una piedra redondeada de rio, que debe haber servido de martillo.

A uno i otro lado de la quebrada subiendo por el faldeo bajo de los cerros al N. i S. i partiendo desde el mismo gran salar al poniente, se encuentra el terreno que contiene salitre en una estension de 24 quilómetros de N. E. a S. O. i de N. a S. variable, pero que puede tener hasta $1\frac{1}{2}$ quilómetros en partes, sin embargo, en que su ancho medio será de 500 metros.

El salar presenta una superficie mui irregular, tanto por estar surcado por los lechos de las antiguas corrientes de agua siguiendo el declive del terreno, como por su naturaleza misma. Es compuesta su superficie de gruesos costrones de sal comun, impura, mezclada con arena i arcillas, quebrajada, hueca, i los pedazos de costra levantados de su posicion natural formando un suelo difícil, disparejo, debido a la accion disolvente de las aguas en una época evidentemente posterior a su formacion i a los cambios atmosféricos de su temperatura.

Debajo de esta primera capa superficial, se encuentra otra de cascajo compuesto de arena, arcilla, fragmentos angulosos de rocas, i en partes, cristales perfectamente formados, a veces agrupados, pero siempre sueltos, de *thenardit* (sulfato de soda). Son octaedros de base rombal algunos hasta de 5 centímetros de diámetro, de color pardo-claro o café, lustre que tira a de vidrio, trasluciente en los bordes. A veces tienen sus esquinas i aristas gastadas, como si hubiesen sufrido la accion del agua, o sido arrastrados por ella hasta ocupar su posicion actual. Se les encuentra adheridos al te-

rreno en las pequeñas barrancas de los antiguos cursos de agua, i los que están espuestos al aire, se hallan cubiertos de una película blanca. Estos mismos cristales he encontrado siguiendo siempre el curso de la quebrada al poniente; pero mui chicos i en forma de tablitas rombales i como embutidos en un conglomerado de arcilla i sal comun.

Dejando el salar al N. E., se entra ya en el terreno o *panizo* de caliche propiamente dicho. La superficie de éste es mui irregular, ondulada, formando pequeñas lomas separadas entre sí por quebraditas que van todas a reunirse a la principal. Se encuentra a mas, rajada en todas direcciones, hueca, arrugada i desigual. Está cubierta con fragmentos rodados de rocas pulidas, medio redondeadas i como calcinadas por el fuego, i arenas mas o menos gruesas. Llaman particularmente la atencion entre aquéllas las calcedonias, i en especial, unas piedras redondeadas i achatadas como las de rio, de carbonato de cal, que es un verdadero alabastro. Son jeneralmente de un color pardo-rojizo o amarillento en su esterior con dibujos que parecen jeroglíficos. Tienen fractura irregular, color amarillento, verdoso-claro, lustre de perla apagado; son semi-trasparentes i mui sonoras al golpearlas con el martillo; como la fonolita, dan casi un sonido metálico.

Antes de llegar al depósito de salitre, se encuentra en jeneral una capa que suele tener hasta 4 i mas decímetros de espesor, de una sustancia blanca, de estructura hojosa gruesa pasando a compacta. En la superficie está mui descompuesta formando un polvo blanco, terroso, que molido, es mui suave al tacto. Casi siempre está mezclado con arena tomando un aspecto poroso. Tiene un sabor salado i se disuelve en parte en agua caliente dejando un residuo esponjoso soluble en ácido muriático. Es lo que los salitreros llaman *hueso* i está compuesto de un sulfato de cal i de magnesia mezclado con sulfato de soda i sal comun.

Viene en seguida un conglomerado de arena i arcilla pardo-negruzca, cementada por sal comun, a veces en pequeños cristalitos trasparentes, i sulfato de cal, lo que forma una masa dura i resistente. El espesor de esta capa es variable, llegando en partes hasta 4 i 5 decímetros cuando hai salitre mas abajo; pero cuando éste no existe, suele tener una potencia mucho mayor, i pasar a formar a veces un conglomerado grueso, con fragmentos hasta de algunos centímetros de diámetro, de diversas rocas. En otras partes, esta

capa dejenera en un ripio suelto sin consistencia; i en este caso, nunca tiene caliche mas abajo.

A continuacion sigue el verdadero depósito de salitre, que a veces está unido, otras separado de la capa superior por una pequeña rajadura horizontal de algunos centímetros. Su grueso es mui variable desde algunos decímetros hasta $1^{m}.70$, que es el máximo que he encontrado, no estrañando, por la configuracion del terreno, que llegue a una potencia mayor en otras partes.

El manto no es jeneralmente homojéneo en todo su espesor, tanto en su estructura i propiedades físicas, como en su composicion. Suele estar rajado en várias direcciones con interposicion de la misma costra que tiene encima, mezclándose a veces de tal modo en todo su espesor, que el caliche pierde toda su bondad.

En jeneral es de color blanco, a veces de nieve, de fractura irregular, plana, cuando mui puro; estructura cristalina de hojillas pequeñas, que pasa a socaroidea, lustre de vidrio, blando, quebradizo, semi-trasparente. Se le encuentra tambien de color pardo de diversos grados, debido a la arcilla con que está mezclado, como tambien de un lindo amarillo canario i de limon, particularmente en las oguedades donde se halla concrecionado formando racimos i coliflores. El de este color, que llaman azufrado, es el que mas abunda.

Tiene un sabor lijeramente salado, fresco, mui soluble en el agua. Espuesto al aire, absorbe el agua atmosférica i se disuelve.

En cuanto a su composicion química, consta de nitrato de sodo i cloruro en proporciones variables i que son hasta cierto punta complementarias. Las muestras mas puras me han dado de la primera sal de 68 a 70 %, i de 29 a 27 % de la segunda con 2 a $2\frac{1}{2}$ % de sulfatos, i ioduros en cantidad que no he estimado.

Este color amarillo, no pudiendo provenir de las sales en que entra el iodo i sodio, pues que son blancas todas, a no ser que aquí se presentasen bajo una forma isomérica, pudiera atribuirse quizá a una descomposicion del iodito de soda por el agua i ácido carbónico del aire que, como se sabe, pone en libertad el iodo colorando la sustancia de amarillo, i por consiguiente, al nitrato.

Inmediatamente de pasar la costrita de caliche, se encuentra una arena mezclada con arcilla mui húmeda, i en partes formando casi barro. Esto es lo que los salitreros llaman *coba* i es el indicio

de la terminacion del caliche en hondura. Si se sigue la seccion del terreno, no se encuentra otra cosa que un terreno de acarreo formando una brecha dura i compacta en partes, i en otras bastante permeable al agua.

Este es el órden sucesivo de las diversas capas que forman el depósito de que me ocupo, sin embargo de que presenta irregularidades mui pronunciadas aun en trechos poco apartados unos de otros.

Siguiendo por la quebrada al S. O., el terreno adyacente en la superficie no presenta el mismo aspecto: es mas unido, no tiene rajaduras, i barrenos abiertos hasta de 5 metros de profundidad no me han dado indicio de la existencia de nitrato de soda. Es de notar, sin embargo, que en las barrancas formadas por la misma quebrada se ve i existe una capa de caliche de poco grueso, irregular, cortada, que en su mayor espesor suele tener 30 centímetros, i de una lei bastante subida; sin embargo, tiene una gruesa costra de conglomerado excesivamente duro i compacto, superpuesta. La seccion de esos lomajes, por las esploraciones hechas, presenta a veces un terreno suelto de cascajo, otras una costra o arenisca cementada por sal de una gran dureza, i en partes esa misma sustancia blanca que he descrito como existente sobre el caliche, en el lugar donde el caliche abunda.

Siguiendo siempre al S. O. por la quebrada, se llega a un punto llamado *Cuevitas*, a causa de que el agua, disolviendo algunas materias solubles de las estratas inferiores del terreno, ha dejado las superiores salientes i formando efectivamente especie de cavidades o cuevas lonjitudinales, de las cuales aprovecha el viajero.

Al lado norte particularmente de este punto, vuelve a presentarse un nuevo yacimiento de nitrato de soda con caractéres análogos al primero; pero aquí se nota que el agua ha corrido en gran cantidad por la superficie, de modo que no habia mucho que esperar de esa localidad. Efectivamente, el nitrato de soda encontrado es de baja lei, pudiendo mas bien considerarse como un depósito de sal comun, hasta cerca de un metro de espesor a veces.

Mas adelante no se encuentra sino un conglomerado con sal, concluyendo el salitre de presentarse enteramente.

Una particularidad que no he descrito i mui digna de notarse en estos nuevos depósitos es la existencia, sobre ellos i en la parte superficial del terreno cubierto apenas por la pequeña capita de are-

na i tierra suelta, de un manto de unos cuantos centímetros de espesor de guano azoado de bastante buena lei. Sin embargo, no está uniformemente distribuido, sobre todo, el terreno salitroso, sino diseminado aquí i allá de un modo irregular. Es de color pardo oscuro, casi negro a veces, con un olor característico i sabor mui amargo, jeneralmente en polvo fino. En partes se encuentran fragmentos de plumas de ave bien conservadas, i las alitas de insectos que parecen hubieran vivido hace poco tiempo. Estas últimas se encuentran en el punto mencionado de las Cuevitas adheridas a una costra de sal con guano. He encontrado tambien éste, en este último lugar a 60 centímetros de hondura, cubierto con una capa de sal i arcilla.

Las barrancas i el piso de la quebrada que atraviesa las nuevas salitreras, están cubiertos por espacio de dos leguas mas o menos con sales blancas formando unas costras bastante gruesas a veces, que provienen del agua que mana del suelo, formando pequeñas lagunas, i la que, evaporándose, deposita una mezcla de nitratos, cloruros i sulfatos de soda i de magnesia. Filtra al través de la brecha inferior, i en los pozos abiertos con bastante abundancia. Tiene solo $2\frac{1}{2}$ % de sales en disolucion.

Por último, tengo que agregar dos hechos que pueden echar mucha luz sobre la época i formacion de este salitre i sobre las acciones sucesivas a que ha estado sujeto. Es el uno la existencia en várias partes de todo ese terreno, de una especie de lava volcánica en forma de manto, que suele tener hasta $2^{m}.5$ de espesor; i el otro, el encontrarse un fragmento de citrato de caliche, atravesado por el pórfido verde en medio del cordon de cerros que están al lado sur i a 150 metros de elevacion sobre el principal depósito.

El primero de éstos parece indicar la accion de algun fenómeno volcánico, el que puediera a mas haber dado oríjen a manantiales abundantes de agua cargada con nitrato de cal, i haber obrado sobre el sulfato de soda en disolucion en algun depósito concentrado de aguas, formando por doble descomposicion el nitrato de soda i el sulfato de cal. De esta manera se habria orijinado el actual yacimiento, que en aquella época pudo ocupar el litoral, dando de ese modo oríjen al depósito de guano de que he hecho mencion.

El segundo indicaria el solevantamiento posterior del terreno,

hecho indudable i corroborado además por una serie de otros fenómenos jeolójicos.

En cuanto a la formacion del salar del Cármen, los testimonios dejados por el agua a su paso por aquellos depósitos en una época posterior, son bastante elocuentes para esplicar su procedencia.
